

气垫导轨上碰撞瞬间的测量

碰撞过程的瞬态数字测量，把力传感器和现代数字测量技术结合起来，用以实现冲击力的时间历程的数字测量。它既是基础训练的综合实验装置，也是一个实用性很强的通用仪器。力传感器，电荷放大器和瞬态采集系统可广泛用于一般力学测量，冲击和振动研究。

【实验目的】

1. 学会气垫导轨的原理和调整，挡光板和光电计时器的原理，瞬时速度的测量以及数字毫秒计的使用。
2. 获得碰撞发生时，冲击力随时间变化过程的物理图象，加深对动量、碰撞、冲量等基本概念的认识。
3. 得到从压电原理、传感器结构、信号调制等现代传感器技术的初步训练。
4. 通过瞬态信号的记录以及它与实际物理量的转换关系的研究，体会数字技术的特点和优越性。
5. 通过编写简单程序，培养使用计算机进行实验数据处理的能力。

【实验原理】

碰撞和冲击通常是一个很短暂的时间过程，质点在碰撞前后的动量变化服从动量定理：

$$mv - mv_0 = \int_0^t F(t)dt \quad (1)$$

传统的气垫导轨实验装置不能用来进行动量定理的实验测定和验证，主要困难是不能进行冲击力的变化过程的瞬态测量。本系统采用压电晶体做成的力传感器完成力电信号的转换，并经电荷放大器将其转化为电压输出。

我们只要测得电荷放大器的输出电压 $V(t)$ ，就可以知道碰撞过程中冲击力随时间的变化关系 $F(t)$ 。即：

$$V(t) = GS_0 F(t), \quad GS_0 \text{为转换系数。}$$

实验中获得的冲击力波形如图所示，它类似一个半正弦波。为了便于大家理解瞬时冲量的计算，下面给出一组实测得到的数据及处理方法。

动量测量部分：

滑块上挡光杆间距 $\Delta L = 1.000\text{cm}$

滑块质量 $M = 0.2206\text{Kg}$

碰撞前滑块通过光电门的挡光时间 $\Delta t_1 = 33.12\text{ms}$

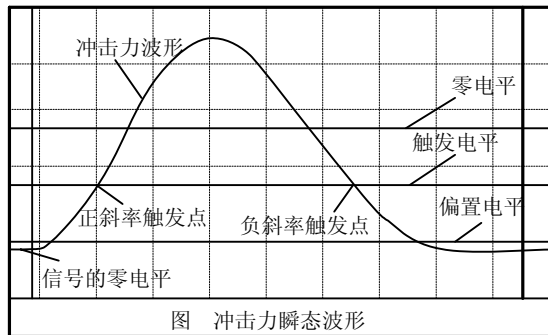


图 冲击力瞬态波形

碰撞后滑块通过光电门的挡光是 $\Delta t_2=43.90\text{ms}$

由此可以算出碰撞前后的动量改变量为：

$$\Delta(Mv) = M\Delta L\left(\frac{1}{\Delta t_1} + \frac{1}{\Delta t_2}\right) = 0.1168(5) \frac{\text{Kgm}}{\text{s}}$$

冲击测量部分：

传感器灵敏度 $S_0=4.00\text{PC/N}$ ，板卡编号为 0

电荷放大器灵敏度 $Q=0.1\text{N/Unit}$ ，电压放大倍数 $K=1.0$ ；

触发电平：1.0V，偏置电平：-2.0V

触发方式：内触发、正斜率、零位调整为中点；

采样长度：1000，提前量：200，采样速率 $\Delta T=20\mu\text{s}$ ，上限频率：5000Hz，翻转波形
√（选中）。

采集得到的冲击瞬态波形如图所示。数值积分计算结果为：

$$\int F(t)dt = \Delta T \frac{1}{KQ} \frac{5}{256} \times 10^{-6} \sum X_i = 0.1189(1) \frac{\text{Kgm}}{\text{s}} \quad (5)$$

比较动量变化和冲量的计算结果，两者的百分差为：

$$\left| \frac{0.11891 - 0.00685}{0.11891} \right| = 1.7\%$$

(5) 式中“5”来自A/D采样的动态范围 $\pm 2.5\text{v}$ ；“256”来自A/D的分辨率 8bit, $256=2^8$ ； X_i 是冲击波形的采样值减去零电平的（电压）差值。

【实验内容】

1. 调节气垫导轨水平，并调整光电门处于待测状态。测出滑块质量。
2. 开启计算机，在桌面上点击“碰撞过程的瞬时测量”，输入姓名，学号。确定后，按 F2 设置参数，（参数已设置好，按“下一步”默认即可）。参数设置完毕，点击“完成”，计算机进入自动采集程序。
3. 给滑块一个速度，让滑块与力传感器碰撞。此时计算机屏上给出一幅冲击力波形。满意后，输入滑块的动量参数，并加以保存。
4. 保存后在“文件”栏内点击“导出文件”项导出一个文本文件，用于进行冲击测量部分和动量测量部分的数据处理。这时会弹出一个对话框，选择保存路径和文件名。

5.数据保存后，可用软盘复制便于回去进行数据处理。

6. 实验中有四个不同材料的碰撞头，可供选择。实验要求对不同的碰撞头都进行测量，并加以比较分析。